

Échangeur de chaleur utilisant un fluide d'accumulation

5 L'invention concerne un échangeur de chaleur propre à faire  
partie d'un dispositif de chauffage, ventilation et/ou  
climatisation, notamment de véhicule automobile, comprenant  
une multiplicité de modules empilés dans une première  
10 direction, reliés à une tubulure d'entrée et à une tubulure  
de sortie pour un premier fluide et propres à faire circuler  
ledit premier fluide.

Dans le cas particulier d'un véhicule automobile, l'échangeur  
de chaleur peut être par exemple un évaporateur de climatisa-  
15 tion parcouru par un fluide réfrigérant afin de refroidir le  
flux d'air et produire de l'air réfrigéré qui est envoyé dans  
l'habitacle du véhicule. L'échangeur de chaleur peut aussi  
être un radiateur de chauffage parcouru par un fluide chaud,  
habituellement le fluide de refroidissement du moteur du  
20 véhicule, afin de réchauffer le flux d'air et de produire de  
l'air chaud qui est envoyé dans l'habitacle.

Dans un circuit de climatisation classique, le fluide  
réfrigérant traverse, dans cet ordre, un compresseur, un  
25 condenseur, un détendeur et un évaporateur, avant de retour-  
ner au compresseur. Dans l'évaporateur, le fluide réfrigérant  
passé d'une phase liquide ou d'une phase liquide/vapeur à une  
phase vapeur en recevant de la chaleur du flux d'air qui se  
trouve ainsi refroidi. Un tel circuit est parcouru classique-  
30 ment par un fluide réfrigérant constitué par un hydrocarbure  
fluoré tel que celui connu sous la désignation R 134 A.

On connaît aussi des circuits de climatisation parcourus par  
un fluide réfrigérant fonctionnant selon un cycle supercriti-  
35 que, comme par exemple CO<sub>2</sub>.

Un inconvénient des évaporateurs connus est que leur capacité  
à refroidir le flux d'air dépend du fonctionnement du

compresseur. Autrement dit, le flux d'air n'est plus refroidi dès lors que le compresseur est arrêté.

Or, dans la plupart des véhicules automobiles, le compresseur  
5 est entraîné par l'intermédiaire du moteur et est donc mis hors de fonctionnement dès que le moteur se trouve arrêté.

Dans le cadre des normes anti-pollution, on envisage de réaliser des véhicules automobiles qui assurent un arrêt du  
10 moteur à combustion interne lorsque le véhicule est au point mort, puis un redémarrage du moteur quand cela est nécessaire, grâce à un alerno-démarreur. Il en résulte que lorsqu'un véhicule de ce type est au point mort, le moteur à combustion interne étant arrêté, la climatisation se trouve aussi à  
15 l'arrêt. L'arrêt du moteur à combustion interne a pour conséquence l'arrêt du compresseur, d'où une sensation d'inconfort pour le ou les passagers du véhicule du fait d'une absence de froid après 10 à 20 secondes de soufflage.

20 Un problème analogue peut se poser dans le cas où l'échangeur de chaleur est un radiateur de chauffage du fait que le fluide caloporteur est mis en circulation par une pompe qui est classiquement entraînée par le moteur à combustion interne du véhicule. Ainsi, l'arrêt du moteur a pour consé-  
25 quence l'arrêt de la pompe et donc l'arrêt de la circulation du fluide, d'où une sensation d'inconfort, spécialement lorsque la température extérieure est très basse.

L'invention a notamment pour but de surmonter les inconvé-  
30 nients précités en proposant des moyens pour accumuler soit du froid (en cédant par conséquent de la chaleur), soit au contraire de la chaleur, quand le moteur du véhicule fonctionne et pour restituer ce froid ou cette chaleur dans l'habitacle quand le moteur est à l'arrêt.

35

L'invention vise notamment un échangeur de chaleur du genre défini en introduction, et prévoit que lesdits modules comportent deux séries de canaux distincts propres à recevoir

ledit premier fluide et un second fluide, le second fluide étant acheminé par au moins une troisième tubulure.

Des caractéristiques optionnelles de l'invention, complémentaires ou de substitution, sont énoncées ci-après:

10 - L'un des premier et second fluides est immobile dans lesdits canaux, l'échangeur exerçant une fonction de stockage statique.

- Les premier et second fluides circulent dans lesdits canaux, l'échangeur exerçant une fonction de stockage dynamique.

15 - Les premiers et seconds canaux de chaque tube sont disposés respectivement de part et d'autre d'une cloison intermédiaire s'étendant sensiblement perpendiculairement à la direction d'alignement des tubes.

20 - Les seconds canaux présentent dans ladite direction une épaisseur comprise entre 1 et 5 mm.

25 - Les tubes sont reliés à l'une de leurs extrémités à une boîte collectrice délimitant des chambres pour les premier et second fluides caloporteurs, deux sous-ensemble des premiers canaux d'un même tube débouchant dans deux chambres différentes et communiquant entre eux à l'extrémité opposée du tube, et deux sous-ensemble des seconds canaux d'un même tube débouchant également dans deux chambres différentes et  
30 communiquant entre eux à l'extrémité opposée du tube, de manière à définir des trajets en U entre les chambres respectives pour les premier et second fluides.

35 - La boîte collectrice comprend une pièce profilée présentant des conduits longitudinaux qui définissent lesdites chambres.

- L'un au moins desdits conduits est divisé par au moins une cloison transversale en au moins deux chambres de manière à

définir pour le premier fluide un parcours en au moins quatre passes dans l'échangeur de chaleur.

5 - La pièce profilée présente des premier et second conduits définissant les chambres qui communiquent avec les premiers canaux, et un troisième conduit disposé entre ceux-ci, un orifice d'entrée et un orifice de sortie pour le premier fluide, disposés à une première extrémité de la boîte collectrice, communiquant l'un avec le premier conduit et  
10 l'autre avec le troisième conduit, et l'un des premier et second conduits communiquant avec le troisième conduit au voisinage de la seconde extrémité de la boîte collectrice.

15 - L'échangeur de chaleur comprend une multiplicité de modules empilés dans une première direction, formés chacun de trois plaques mutuellement accolées, à savoir une première plaque tournée vers une première extrémité de l'empilement, une seconde plaque tournée vers la seconde extrémité de l'empilement et une troisième plaque intermédiaire, les plaques  
20 s'étendant chacune, sensiblement selon le même contour, dans des seconde et troisième directions sensiblement perpendiculaires entre elles et perpendiculaires à la première direction, les modules étant écartés les uns des autres, dans au moins une région médiane, de manière à définir entre eux des  
25 intervalles pour le passage d'un flux d'air dans la troisième direction, et les plaques étant embouties de manière à définir dans chaque module des passages pour la circulation des premier et second fluides caloporteurs dans la seconde direction, respectivement de part et d'autre de la plaque  
30 intermédiaire, et présentant, dans deux régions d'extrémités situées de part et d'autre de ladite au moins une région médiane, des ouvertures pour permettre aux différents modules de recevoir les premier et second fluides, les plaques étant reliées entre elles de manière étanche aux fluides autour des  
35 ouvertures, ainsi qu'à leur périphérie dans chaque module.

- Les passages pour la circulation du second fluide présentent dans la première direction une épaisseur comprise entre 1 et 5 mm.

- Chaque plaque présente, dans une première desdites régions d'extrémités, des première et seconde ouvertures pour la circulation du premier fluide dans les deux sens respectivement, et une troisième ouverture pour la circulation du  
5 second fluide dans un premier sens, et, dans la seconde desdites régions d'extrémités, une quatrième ouverture pour la circulation du second fluide dans le second sens.

- La troisième ouverture est disposée entre les première et  
10 seconde ouvertures dans la seconde direction.

- La quatrième ouverture est allongée dans la seconde direction.

- La première plaque d'un module et la troisième plaque d'un module voisin présentent des bossages respectifs en appui mutuel dans lesquels sont ménagées les premières et secondes ouvertures correspondantes, les première et seconde ouvertures de la seconde plaque dudit module voisin étant traversées  
20 de manière étanche par les bossages de ladite troisième plaque.

- La troisième ouverture de la première plaque d'un module est adjacente à celle de la troisième plaque du même module  
25 et à celle de la seconde plaque d'un module voisin, cette dernière ouverture étant ménagée dans un bossage.

- La première plaque d'un module et la seconde plaque d'un module voisin présentent des bossages respectifs en appui mutuel dans lesquels sont ménagées les quatrièmes ouvertures correspondantes, les première et troisième plaques d'un module étant reliées de manière étanche en une zone annulaire entourant le bossage de la première plaque et l'ouverture de la troisième plaque.  
30

35

- La seconde direction est sensiblement verticale, ladite première région d'extrémité étant la région supérieure et le second fluide circulant de bas en haut.

- Le second fluide caloporteur est propre à passer de l'état liquide à l'état solide lorsqu'il reçoit du froid du premier fluide caloporteur et inversement lorsqu'il restitue le froid.

5

- Le second fluide caloporteur possède un point de fusion compris entre 0 et 10 °C et de préférence entre 4 et 7 °C.

10

- Le second fluide caloporteur possède une enthalpie de fusion d'au moins 150 kJ/kg.

- Le second fluide caloporteur est choisi parmi le tétradécane, les paraffines, les sels hydratés et les mélanges eutectiques.

15

- La surface d'échange entre les premier et second fluides dans l'échangeur de chaleur est comprise entre 0,5 et 1,5 m<sup>2</sup>.

20

- La surface d'échange direct en contact avec le second fluide dans l'échangeur de chaleur est comprise entre 0,5 et 1,5 m<sup>2</sup>.

25

- Une partie au moins des espaces prévus dans l'échangeur de chaleur pour la circulation du second fluide en contact thermique avec le premier fluide et/ou avec un flux d'air est garnie d'une mousse fortement poreuse conductrice de la chaleur, notamment en graphite.

30

L'invention a également pour objet l'utilisation d'un échangeur de chaleur tel que défini ci-dessus dans un dispositif de chauffage, ventilation et/ou climatisation, notamment de véhicule automobile, comprenant au moins une première boucle fermée dans laquelle ledit échangeur de chaleur est traversé par un flux d'air et dans laquelle ledit premier fluide peut circuler de manière à céder de la chaleur ou du froid audit flux d'air dans l'échangeur de chaleur, ainsi qu'une seconde boucle fermée dans laquelle ledit second fluide peut circuler entre ledit échangeur de chaleur et un réservoir de manière à recevoir de la chaleur ou du froid du premier fluide

35

caloporteur dans l'échangeur de chaleur pour l'accumuler dans le réservoir et la ou le restituer au flux d'air dans l'échangeur de chaleur, en fonction de la puissance calorifique ou frigorifique produite par la première boucle et des  
5 besoins du traitement du flux d'air.

La seconde boucle contient avantageusement entre 200 et 500 g du second fluide.

10 Les caractéristiques et avantages de l'invention sont exposés plus en détail dans la description ci-après, avec référence aux dessins annexés.

La figure 1 est un schéma de circuit d'un dispositif utilisant un évaporateur selon l'invention pour la climatisation de l'habitacle d'un véhicule automobile.  
15

La figure 2 est une vue en élévation d'un évaporateur selon l'invention.

20

La figure 3 est une vue partielle en coupe selon la ligne III-III de la figure 2.

La figure 4 est une vue en coupe longitudinale de la boîte collectrice de l'évaporateur, selon la ligne IV-IV de la figure 5.  
25

La figure 5 est une vue partielle de l'évaporateur, en coupe selon la ligne V-V de la figure 4.

30

La figure 6 est une vue en coupe d'une variante de la boîte collectrice de l'évaporateur, selon la ligne VI-VI de la figure 5.

35 La figure 7 est une vue partielle en élévation d'un autre évaporateur selon l'invention.

La figure 8 est une vue partielle en coupe selon la ligne VIII-VIII de la figure 7.

La figure 9 est une vue partielle en coupe selon la ligne IX-IX de la figure 7.

Les figures 10 et 11 sont des vues partielles en coupe selon la ligne X-X de la figure 8, respectivement de la partie supérieure et de la partie inférieure de l'évaporateur.

Les figures 12 à 14 sont des vues de face des trois plaques constituant un module de l'évaporateur des figures 7 à 11.

La figure 15 représente une plaque de remplacement.

La figure 16 est un schéma analogue à la figure 1 relatif à une variante du dispositif.

On se réfère d'abord à la figure 1 qui montre un dispositif de climatisation de véhicule automobile. Ce dispositif comprend de manière classique une boucle de fluide réfrigérant BF dans laquelle le fluide traverse successivement un compresseur BF1, un condenseur BF2, un réservoir ou "bouteille" BF3, un détendeur BF4 et un évaporateur BF5 avant de retourner vers le compresseur. Le dispositif comprend également une boucle de chauffage BC dans laquelle le fluide de refroidissement du moteur d'entraînement M du véhicule circule sous l'action d'une pompe BC1, entraînée par le moteur M, la boucle BC contenant en outre un radiateur de chauffage BC2 et des électrovannes BC3 propres à commander le débit du fluide dans ce radiateur. Un flux d'air représenté par la flèche F traverse successivement l'évaporateur BF5 et le radiateur BC2 pour être amené à une température souhaitée avant d'être introduit dans l'habitacle du véhicule.

Selon un exemple de réalisation de l'invention, l'évaporateur BF5 fait également partie d'une boucle BS qui contient en outre une pompe électrique de circulation BS1 et un réservoir d'accumulation de fluide BS2. Comme on le verra en détail plus loin, la boucle BS contient un fluide caloporteur qui est capable d'échanger de la chaleur avec le fluide réfrigérant et avec le flux d'air F dans l'évaporateur BF5.



Pendant la période initiale de fonctionnement du dispositif, la pompe BS1 est arrêtée et le fluide ne circule pas dans la boucle BS. Seule la petite quantité de ce fluide contenue dans l'évaporateur BF5 est refroidie par le fluide réfrigérant, permettant une mise en température rapide de l'évaporateur. Dès que la température voulue pour l'évaporateur ou pour le flux d'air F est atteinte, la pompe BS1 est mise en marche, de sorte que du fluide refroidi circule dans la boucle BS, conduisant à une accumulation de froid dans le réservoir BS2. En cas d'arrêt du moteur et par conséquent du compresseur BF1, la circulation du fluide dans la boucle BS se poursuit sous l'action de la pompe BS1, et ce fluide prend le relais du fluide réfrigérant pour refroidir le flux d'air F en prélevant du froid du réservoir BS2.

La figure 2 représente un évaporateur 10 selon l'invention qui peut constituer l'évaporateur BF5 de la figure 1. Cet évaporateur comprend un faisceau 12 formé d'une multiplicité de tubes parallèles 14 qui alternent avec des intercalaires ondulés 16 fournissant des surfaces d'échange de chaleur. Le faisceau 12 est interposé entre deux boîtes collectrices, à savoir une boîte collectrice 18 placée ici en partie supérieure et une boîte collectrice 20 placée ici en partie inférieure. La boîte collectrice 18 est munie d'une tubulure d'entrée 22 pour le fluide réfrigérant en phase liquide ou en phase liquide/vapeur et d'une tubulure de sortie 24 pour le fluide réfrigérant en phase gazeuse. Le fluide réfrigérant pénètre dans la tubulure 22 comme montré par la flèche F1 et ressort de la tubulure 24 comme montré par la flèche F2 après avoir échangé de la chaleur avec un flux d'air qui balaie le faisceau 12 comme montré par les flèches F sur la figure 2. Comme dans un évaporateur classique, les tubes 14 comportent des canaux de circulation pour le fluide réfrigérant qui vient ainsi échanger de la chaleur avec le flux d'air. Le fluide réfrigérant en phase liquide ou en phase liquide/vapeur se transforme en phase vapeur en absorbant de la chaleur, ce qui permet de refroidir le flux d'air.

Les tubes 14 de l'invention se différencient des tubes des évaporateurs classiques par le fait qu'ils offrent une double fonction, à savoir de permettre la circulation du fluide réfrigérant, mais aussi, selon un mode de réalisation de l'invention, la circulation du fluide de la boucle BS qui est alors un fluide caloporteur.

Comme on le voit sur la figure 3, le tube 14 est composé de deux parties en forme de plaques, à savoir une première partie 26 dans laquelle sont formés des canaux 28 pour la circulation du fluide réfrigérant et une deuxième partie 30 dans laquelle sont formées des canaux 32 pour la circulation du fluide caloporteur.

La plaque 26 est réalisée par extrusion d'une matière métallique, de préférence d'aluminium ou d'alliage à base d'aluminium. Dans l'exemple, la partie ou plaque 26 comprend une rangée de canaux 28 ayant chacun une section de forme sensiblement rectangulaire et elle est délimitée par deux grandes faces parallèles.

La plaque 30 est également formée par extrusion d'un matériau métallique analogue et elle comprend une rangée de canaux 32 ayant chacun une section de forme généralement rectangulaire, sauf pour les canaux adjacents aux bords latéraux de la plaque 30. Cette plaque 30 est délimitée par deux grandes faces parallèles. L'une des grandes faces de la plaque 26 est reliée à l'une des grandes faces de la plaque 30 par exemple par brasage pour former un ensemble solidaire. Les intercalaires ondulés 16 sont avantageusement formés du même matériau métallique que les plaques.

Les canaux 28 ont des dimensions intérieures et des épaisseurs de parois choisies en tenant compte de la nature et des pressions de fonctionnement du fluide réfrigérant utilisé.

Ainsi, dans le cas d'un fluide réfrigérant classique, tel que le fluide R 134 A, les canaux 28 ont un diamètre hydraulique

généralement compris entre 1 et 2 mm, les pressions d'éclatement devant se situer autour de 36 bars.

- 5 En revanche, dans le cas d'un fluide réfrigérant tel que CO<sub>2</sub>, les canaux auront généralement des dimensions comprises entre 0,5 et 1 mm, les pressions d'éclatement devant se situer autour de 250 bars.

10 Les canaux 32 sont destinés à la circulation du fluide d'accumulation thermique.

- À titre d'exemple, la section des canaux 32 peut avoir une hauteur de l'ordre de 3 mm pour une largeur de l'ordre de 1 mm, ces dimensions étant bien sûr sujettes à variations.
- 15 Ces dimensions ainsi que les épaisseurs des parois entourant les canaux 32 sont choisies en tenant compte aussi des contraintes de pressions. Les pressions du fluide caloporteur sont relativement faibles, généralement inférieures à 5 bars.

- 20 La quantité totale de fluide caloporteur dépend de l'énergie thermique (froid) que l'on cherche à transférer au flux d'air à envoyer dans l'habitable.

- On se réfère maintenant aux figures 4 et 5 pour décrire plus particulièrement la structure de la boîte collectrice 18 dans l'évaporateur de la figure 1. La boîte collectrice 18 comprend une pièce profilée 38 et une plaque collectrice 40 formée par la superposition de plusieurs plaques délimitant des ouvertures ou passages de circulation.
- 25

30

- La pièce profilée 38 a une forme allongée et délimite intérieurement trois conduits parallèles pour le fluide réfrigérant. Un conduit 42 s'étendant le long d'un côté de la pièce profilée est divisé par une cloison rapportée 44 pour former un compartiment d'entrée 46 et un compartiment intermédiaire 48. À l'opposé du conduit 42 se trouve un conduit 50 formant un compartiment de circulation. Un autre conduit 52 placé entre les conduits 42 et 50 forme un compartiment intermédiaire. La tubulure d'entrée 22 communi-
- 35

que avec le compartiment 46, tandis que la tubulure de sortie 24 communique avec le compartiment 52. Le compartiment 42 et le compartiment 52 sont fermés par un bouchon 54 à l'extrémité de la pièce 38 opposée aux tubulures 22 et 24, tandis  
5 que le compartiment 50 est fermé à ses deux extrémités par des bouchons 56.

La boîte collectrice 20 est formée par un empilement de plaques qui délimitent des passages appropriés (non représentés) pour faire communiquer entre eux tous les canaux 28  
10 d'une part et tous les canaux 32 d'autre part d'un même tube.

De même, les passages précités de la plaque collectrice 40 coopèrent avec des passages de la pièce profilée 38 pour  
15 établir une communication appropriée entre les compartiments 46, 48, 50 et les conduits 60 de la boîte 18 d'une part et les canaux 28 et 32 des tubes d'autre part.

Dans l'exemple illustré, le fluide réfrigérant circule en  
20 quatre passes à l'intérieur de l'évaporateur. Il pénètre tout d'abord dans le compartiment 46 pour gagner ensuite le compartiment 50 en empruntant deux fois les canaux 28 (passes 1 et 2) puis est acheminé au compartiment 48 en empruntant de nouveau deux fois les canaux 28 (passes 3 et 4). De là, le  
25 fluide gagne le compartiment 52 par une ouverture 58 ménagée dans la cloison qui sépare les conduits 42 et 52, au voisinage du bouchon 54. Le fluide gagne ensuite la sortie 24.

Comme on le voit également sur la figure 5, la pièce profilée  
30 38 de la boîte collectrice délimite deux conduits longitudinaux 60 qui communiquent par des passages 62 avec les canaux 32 des tubes 14. De la sorte, les deux conduits 60 permettent d'établir une communication entre les canaux 32 des différents tubes. De même que les conduits 42 et 52, les conduits  
35 60 sont obturés à une extrémité de la boîte collectrice et ouverts à l'autre extrémité pour communiquer avec le reste d'une boucle secondaire d'accumulation de froid telle que la boucle BS de la figure 1.

La boîte collectrice représentée sur la figure 6 diffère de celle de la figure 4 sur deux points. D'une part, chacun des conduits latéraux 70, 72 pour le fluide réfrigérant, qui communiquent avec les canaux 28 des tubes par des ouvertures 74, est divisé longitudinalement par une cloison 76, 78, ces deux cloisons étant décalées l'une par rapport à l'autre dans la direction longitudinale de la boîte, d'où il résulte de manière connue, dans l'exemple de la figure 6, une circulation du fluide en 6 passes au lieu de 4. D'autre part, c'est le conduit médian 82 qui est relié à la tubulure d'entrée de fluide 82, le conduit latéral 70 étant relié à la tubulure de sortie 84, tandis que l'autre conduit latéral 72 est relié au conduit médian 80 par une ouverture de communication 86. Bien entendu, en fonction du nombre de cloisons transversales, le nombre de passes peut être différent de 4 et de 6, le conduit médian pouvant être raccordé indifféremment à la tubulure d'entrée ou à la tubulure de sortie. On voit également sur la figure 6 des conduits 88 pour le fluide d'accumulation, analogues aux conduits 60 de la figure 5, qui communiquent avec les canaux 32 des tubes par des ouvertures 90. Ces canaux communiquent avec des tubulures d'entrée et de sortie 91 à leur extrémité située à gauche de la figure, c'est-à-dire du côté des tubulures 82 et 84, et sont obturés par des bouchons 92 à l'extrémité opposée, c'est-à-dire du côté du bouchon 94 commun aux conduits 72 et 80.

Les figures 7 à 11 représentent un évaporateur de construction différente de ceux des figures 2 à 6, également utilisable dans le dispositif de la figure 1. Cet évaporateur comprend un empilement de modules 100 formés chacun de trois plaques embouties. La vue partielle en élévation de la figure 7 montre quelques uns des modules 100, les plus proches de l'extrémité droite de l'empilement qui porte les tubulures d'entrée et de sortie 101, 102 pour le fluide réfrigérant, reliées à un organe de détente, par exemple un détendeur 103 dans le mode de réalisation illustré, et les tubulures d'entrée et de sortie 104, 105 pour le fluide d'accumulation thermique. Comme on le voit sur la figure, les modules 100 sont en contact mutuel dans une région supérieure et dans une

région inférieure, et présentent entre eux, dans une région médiane s'étendant sur la majeure partie de la hauteur de l'évaporateur, des intervalles 106 pour le passage du flux d'air, qui sont garnis d'intercalaires ondulés 107 semblables aux intercalaires 16 des figures 2 et 3. Les trois plaques 108, 109, 110 composant chaque module présentent un même contour sensiblement rectangulaire, et possèdent chacune un bord périphérique 111 situé dans un plan perpendiculaire à la direction d'empilement, c'est-à-dire la direction gauche-droite sur la figure 7. Les plaques 108, 110 et 109, représentées séparément sur les figures 12 à 14 respectivement, sont disposées dans cet ordre de gauche à droite des figures 7 à 11. Comme on le voit sur les figures 8 à 11, qui représentent des coupes partielles par des plans parallèles à la direction d'empilement, les bords périphériques 111 des trois plaques sont mutuellement accolés et brasés de manière étanche aux fluides. Comme on le voit sur la figure 8, la tubulure de sortie 105 du fluide d'accumulation est raccordée à la région d'extrémité supérieure des modules, à mi-largeur de ceux-ci, tandis que les tubulures d'entrée et de sortie 101, 102 du fluide réfrigérant se raccordent dans la même région supérieure, latéralement de part et d'autre de la tubulure 105. Il est avantageux que les tubulures d'entrée et de sortie 104, 105 du fluide d'accumulation soient situées respectivement à la partie inférieure et à la partie supérieure de l'échangeur de manière à éliminer les gaz résiduels.

En regard de chacune des tubulures 101 et 102, la plaque 108 d'un module et la plaque 110 du module voisin sont embouties pour former des bossages respectifs 112, 113 dont les sommets plans 114, 115 sont en appui mutuel et sont percés d'ouvertures 116, 117 en coïncidence. Les sommets plans 114, 115 sont brasés entre eux de manière étanche autour des ouvertures 116, 117 de manière à former, à travers l'empilement, des conduits longitudinaux 118, 119 reliés respectivement aux tubulures 101 et 102.

En regard de la tubulure 104 d'entrée du fluide d'accumulation, comme on le voit plus particulièrement sur la figure 11, la plaque 108 d'un module et la plaque 109 d'un module voisin présentent des bossages respectifs 120, 121 dont les  
5 sommets plans 122, 123 sont appliqués l'un contre l'autre et sont percés d'ouvertures coïncidentes 124, 125 autour desquelles ils sont brasés ensemble de manière étanche aux fluides. Ces bossages définissent un conduit longitudinal 126 en communication avec la tubulure 104, des ouvertures 127  
10 étant ménagées dans les plaques 110 pour assurer la continuité de ce conduit.

En regard de la tubulure 105 de sortie du fluide d'accumulation, comme on le voit sur les figures 8 et 10, les plaques  
15 108 et 110 de chaque module s'étendent dans les plans de leurs bords périphériques respectifs 111, et la plaque 109 d'un module présente un bossage 128 dont le sommet plan 129 vient en appui sur la plaque 110 du module voisin, le sommet 129 et les plaques 108 et 110 présentant des ouvertures  
20 respectives coïncidentes 130, 131 et 132 autour desquelles ils sont brasés ensemble de manière étanche aux fluides. Les bossages 128 délimitent un conduit longitudinal 133 communiquant avec la tubulure 105.

25 Dans la région médiane de la hauteur des modules, comme on le voit sur les figures 9 et 11, les plaques 108 et 110 s'étendent généralement selon des plans parallèles aux plans de leurs bords périphériques 111, et écartés l'un de l'autre. Cependant, ces plaques sont brasées entre elles de manière  
30 étanche dans une zone 134 (figure 11) située immédiatement au-dessus du conduit 126 et s'étendant sur toute la largeur du module, jusqu'aux côtés verticaux des bords 111, et également selon une ligne verticale médiane correspondant aux crêtes de nervures respectives 140 (figure 9) formées par  
35 emboutissage, qui se raccorde aux côtés supérieurs des bords périphériques 111 et s'étend jusqu'à une certaine distance au-dessus de la zone 134. Les plaques 108 et 110 définissent donc entre elles un parcours en U entre les conduits 118 et 119, dont les branches 137, 138 sont situées de part et

d'autre des nervures 140 et sont reliées l'une à l'autre entre l'extrémité inférieure de celle-ci et la zone 134. Les bossages 120, 121 et les ouvertures associées sont avantageusement allongés horizontalement et peuvent s'étendre sur la  
5 quasi-totalité de la largeur de l'évaporateur.

La plaque 109 de chaque module s'étend, sur la totalité de sa superficie à l'exception du bord périphérique 111 et des bossages 121 et 128, selon un plan parallèle au plan de son  
10 bord périphérique, et écarté de la plaque 110. Les bossages 121 et 128 sont formés à partir de cette partie plane 135, et les bossages 113 traversent de manière étanche des ouvertures 136 formées dans celle-ci. La partie plane 135 délimite avec  
15 la plaque 110 un espace 139 permettant un trajet vertical de bas en haut pour le fluide d'accumulation du conduit 126 au conduit 133, permettant à ce fluide de circuler sans émission de bruit dû au dégazage et sans problème de retenue d'huile. Un intercalaire non représenté peut être prévu dans l'espace 139 pour favoriser l'échange de chaleur.

20

La figure 15 représente une plaque 109a qui peut être utilisée en remplacement de la plaque 109 dans l'empilement des figures 7 à 11, sans autres changements. Les éléments de cette plaque semblables aux éléments correspondants de la  
25 plaque 109 sont désignés par les mêmes signes de référence. La plaque 109a diffère de la plaque 109 par la présence de deux nervures formées par emboutissage à partir de la partie plane 135 et dont les sommets sont brasés de manière étanche à la plaque 110 du même module. Une première nervure comporte  
30 une région horizontale 143 qui se raccorde au bord périphérique 111 sur l'un des côtés verticaux de la plaque (à droite sur la figure), immédiatement au-dessous des ouvertures 136, suivie d'un coude 144 et d'une région verticale 145 qui s'étend vers le bas jusqu'au voisinage du bossage 121. La  
35 seconde nervure comporte une région 146 qui s'étend sensiblement horizontalement et se raccorde au bord périphérique 111 sur le côté opposé de la plaque (à gauche sur la figure), immédiatement au-dessus du bossage 121, suivie d'un coude 147 et d'une région verticale 148 qui s'étend vers le haut



jusqu'au voisinage des ouvertures 136. L'extrémité inférieure de la région 145 et l'extrémité supérieure de la région 148 sont situées en regard des régions 146 et 143 respectivement. Les nervures 143-148 délimitent avec le bord périphérique 111 un trajet en S pour le second fluide comportant depuis le conduit 126 une première branche ascendante comprise entre le côté droit de la plaque et la nervure 146-148, une seconde branche descendante comprise entre les deux nervures et une troisième branche ascendante comprise entre le côté gauche de la plaque et la nervure 143-145 et aboutissant au conduit 133, les régions 145 et 148 étant disposées de telle sorte que ces trois branches sont sensiblement de même largeur. Par ailleurs, la région 146 s'élargit vers le haut en direction du côté gauche de la plaque de manière à former un arrondi à la transition entre les seconde et troisième branches du trajet.

Les exemples d'échangeur décrits peuvent être utilisés aussi bien avec un fluide d'accumulation statique qu'avec un fluide d'accumulation en circulation.

Il est possible de garnir tout ou partie des espaces prévus dans l'évaporateur pour la circulation du fluide caloporteur en contact thermique avec le flux d'air d'une mousse fortement poreuse conductrice de la chaleur, par exemple une mousse de graphite commercialisée par la Société POCOFOAM d'une porosité de 90 % et d'une conductivité de 150 W/m/°C présentant une surface spécifique très élevée. Une telle mousse est avantageusement comprimée dans les canaux en liaison thermique avec le fluide réfrigérant et avec le flux d'air.

Comme indiqué plus haut, le nombre de passes dans un évaporateur selon l'invention peut être différent de 4 et de 6, et peut être tout nombre pair  $2n$ ,  $n$  étant un nombre entier quelconque.

Le fluide d'accumulation thermique, qualifié ci-dessus de fluide caloporteur, peut aussi être un fluide à changement de

phase, c'est-à-dire un fluide dont la température de fusion est comprise entre 0 °C et 10 °C.

5 Le fluide à changement de phase peut être constitué par de l'eau, mais ceci a pour inconvénient que cette eau se dilate lorsqu'elle passe de l'état liquide à l'état solide et qu'elle peut générer des phénomènes de givrage.

10 On préfère utiliser des fluides à changement de phase dont la température de fusion est comprise entre 4 °C et 7 °C. Parmi les matériaux envisageables, on peut citer notamment des matériaux de la famille des paraffines, des sels hydratés et des composés eutectiques. Parmi les paraffines, on peut citer notamment celle désignée sous l'appellation commerciale RT5  
15 de la société RUBITHERM.

Un matériau avantageux est une paraffine ayant une densité égale à 0,8. On préfère utiliser des matériaux à changement de phase ayant une enthalpie de transformation supérieure ou  
20 égale à 150 kJ/kg. De préférence, la température de fusion sera supérieure à 0 °C afin d'éviter les problèmes de givrage et surtout de ne pas trop pénaliser le cycle thermodynamique par une basse pression trop faible. D'autre part, la température de fusion sera de préférence inférieure à 10 °C pour  
25 permettre d'obtenir, par récupération de l'énergie accumulée, des températures suffisamment basses pour respecter les contraintes de confort.

La quantité totale de fluide caloporteur contenue dans la  
30 boucle BS de la figure 1 dépend de l'énergie thermique que l'on cherche à transférer au flux d'air F pendant les périodes d'arrêt du moteur M. Des études ont montré que la durée de ces périodes est, dans la majorité des cas, inférieure à 30 secondes. Si on veut amener l'air de 25 °C et 40  
35 % d'humidité relative en amont de l'évaporateur à 10 °C et 100 % d'humidité relative en aval de l'évaporateur, la puissance calorifique nécessaire pour un débit de 350 kg/h est d'environ 1500 W, soit une énergie de 45 000 J à transférer en 30 secondes. Cette énergie est fournie par la fusion

- de 300 g de matériau à changement de phase ayant une enthalpie de fusion de 150 kJ/kg. D'une manière générale, la quantité de matériau à changement de phase peut être comprise entre 200 et 500 g. La surface d'échange de chaleur entre le fluide réfrigérant et le matériau à changement de phase, et entre le matériau à changement de phase et le flux d'air, fournie par exemple par les intercalaires 16 et 107 décrit ci-dessus, est avantageusement comprise entre 0,5 et 1,5 m<sup>2</sup>.
- 10 On retrouve sur la figure 16 les mêmes éléments que sur la figure 1, désignés par les mêmes référence, à ceci près que la lettre "f" est ajoutée après la lettre "S" dans la référence de la boucle d'accumulation de froid, qui devient BSf, et dans celles des composants de cette boucle. Le
- 15 dispositif de la figure 16 diffère de celui de la figure 1 par l'adjonction d'une boucle d'accumulation de chaleur BSc associée au radiateur BC2 et analogue à la boucle BSf, comprenant donc, outre le radiateur, une pompe électrique de circulation BScl et un réservoir d'accumulation BSc2 pour un
- 20 fluide caloporteur qui est capable d'échanger de la chaleur avec le fluide de refroidissement et avec le flux d'air F dans le radiateur BC2.

Bien entendu, l'invention pourrait également ne pas utiliser de boucle d'accumulation de froid associée à un évaporateur, et utiliser seulement une boucle d'accumulation de chaleur associée à un radiateur tel que BC2.

Revendications

1. Échangeur de chaleur propre à faire partie d'un dispositif de chauffage, ventilation et/ou climatisation, notamment de véhicule automobile, comprenant une multiplicité de modules (14, 100) empilés dans une première direction, reliés à une tubulure d'entrée (22, 82, 101) et à une tubulure de sortie (24, 84, 102) pour un premier fluide et propres à faire circuler ledit premier fluide, caractérisé en ce que lesdits modules comportent deux séries de canaux distincts (137, 138, 139) propres à recevoir ledit premier fluide et un second fluide, le second fluide étant acheminé par au moins une troisième tubulure (91, 104, 105).
2. Échangeur de chaleur selon la revendication 1, dans lequel l'un des premier et second fluides est immobile dans lesdits canaux, l'échangeur exerçant une fonction de stockage statique.
3. Échangeur de chaleur selon la revendication 1, dans lequel les premier et second fluides circulent dans lesdits canaux, l'échangeur exerçant une fonction de stockage dynamique.
4. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications précédentes, comprenant au moins une rangée de tubes plats parallèles (14) dans chacun desquels sont formés des premiers canaux longitudinaux (28) et des seconds canaux longitudinaux (32) pour la circulation des premier et second fluides caloporteurs respectivement, des intervalles étant ménagés entre les tubes pour le passage d'un flux d'air (F).
5. Échangeur de chaleur selon la revendication 4, dans lequel les premiers et seconds canaux (28, 32) de chaque tube (14) sont disposés respectivement de part et d'autre d'une cloison intermédiaire s'étendant sensiblement perpendiculairement à la direction d'alignement des tubes.

6. Échangeur de chaleur selon la revendication 5, dans lequel les seconds canaux (32) présentent dans ladite direction une épaisseur comprise entre 1 et 5 mm.

5 7. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 4 à 6, dans lequel les tubes sont reliés à l'une de leurs extrémités à une boîte collectrice (18) délimitant des chambres (46, 48, 50, 52, 60) pour les premier et second fluides caloporteurs, deux sous-ensemble des premiers canaux  
10 (28) d'un même tube (14) débouchant dans deux chambres différentes (46, 52) et communiquant entre eux à l'extrémité opposée du tube, et deux sous-ensemble des seconds canaux (32) d'un même tube (14) débouchant également dans deux chambres différentes (60) et communiquant entre eux à  
15 l'extrémité opposée du tube, de manière à définir des trajets en U entre les chambres respectives pour les premier et second fluides.

8. Échangeur de chaleur selon la revendication 7, dans  
20 lequel la boîte collectrice comprend une pièce profilée (38) présentant des conduits longitudinaux (42, 50, 52, 60) qui définissent lesdites chambres.

9. Échangeur de chaleur selon la revendication 8, dans  
25 lequel l'un au moins (42) desdits conduits est divisé par au moins une cloison transversale (44) en au moins deux chambres (46, 48) de manière à définir pour le premier fluide un parcours en au moins quatre passes dans l'échangeur de chaleur.

30 10. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 8 et 9, dans lequel la pièce profilée (38) présente des premier et second conduits (42, 50) définissant les chambres (46, 48, 50) qui communiquent avec les premiers canaux (28), et un  
35 troisième conduit (52) disposé entre ceux-ci, un orifice d'entrée (22) et un orifice de sortie (24) pour le premier fluide, disposés à une première extrémité de la boîte collectrice, communiquant l'un avec le premier conduit (42) et l'autre avec le troisième conduit (52), et l'un des

premier et second conduits communiquant (58) avec le troisième conduit au voisinage de la seconde extrémité de la boîte collectrice.

5 11. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant une multiplicité de modules (100) empilés dans une première direction, formés chacun de trois plaques mutuellement accolées, à savoir une première plaque (108) tournée vers une première extrémité de l'empilement, une  
10 seconde plaque (109) tournée vers la seconde extrémité de l'empilement et une troisième plaque intermédiaire (110), les plaques s'étendant chacune, sensiblement selon le même contour, dans des seconde et troisième directions sensiblement perpendiculaires entre elles et perpendiculaires à la  
15 première direction, les modules étant écartés les uns des autres, dans au moins une région médiane, de manière à définir entre eux des intervalles (106) pour le passage d'un flux d'air dans la troisième direction, et les plaques étant embouties de manière à définir dans chaque module des  
20 passages (137-139) pour la circulation des premier et second fluides caloporteurs dans la seconde direction, respectivement de part et d'autre de la plaque intermédiaire (110), et présentant, dans deux régions d'extrémités situées de part et d'autre de ladite au moins une région médiane, des ouvertures  
25 (116, 117, 124, 125, 127, 130, 131, 132, 136) pour permettre aux différents modules de recevoir les premier et second fluides, les plaques étant reliées entre elles de manière étanche aux fluides autour des ouvertures, ainsi qu'à leur périphérie (111) dans chaque module.

30

12. Échangeur de chaleur selon la revendication 11, dans lequel les passages pour la circulation du second fluide présentent dans la première direction une épaisseur comprise entre 1 et 5 mm.

35

13. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 11 et 12, dans lequel chaque plaque présente, dans une première desdites régions d'extrémités, des première et seconde ouvertures (116, 117, 136) pour la circulation du premier

fluide dans les deux sens respectivement, et une troisième ouverture (130, 131, 132) pour la circulation du second fluide dans un premier sens, et, dans la seconde desdites régions d'extrémités, une quatrième ouverture (124, 125, 127) 5 pour la circulation du second fluide dans le second sens..

14. Échangeur de chaleur selon la revendication 13, dans lequel la troisième ouverture est disposée entre les première et seconde ouvertures dans la seconde direction.

10

15. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 13 et 14, dans lequel la quatrième ouverture est allongée dans la seconde direction.

15 16. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 13 à 15, dans lequel la première plaque (108) d'un module et la troisième plaque (110) d'un module voisin présentent des bossages respectifs (112, 113) en appui mutuel dans lesquels sont ménagées les premières et secondes ouvertures correspon- 20 dantes (116, 117), les première et seconde ouvertures (136) de la seconde plaque dudit module voisin étant traversées de manière étanche par les bossages de ladite troisième plaque.

17. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 13 25 à 16, dans lequel la troisième ouverture (131) de la première plaque (108) d'un module est adjacente à celle (132) de la troisième plaque (110) du même module et à celle (130) de la seconde plaque (109) d'un module voisin, cette dernière ouverture étant ménagée dans un bossage (128).

30

18. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 13 à 17, dans lequel la première plaque (108) d'un module et la seconde plaque (109) d'un module voisin présentent des bossages respectifs (120, 121) en appui mutuel dans lesquels 35 sont ménagées les quatrième ouvertures correspondantes (124, 125), les première et troisième plaques (110) d'un module étant reliées de manière étanche en une zone annulaire (111, 134) entourant le bossage (120) de la première plaque et l'ouverture (127) de la troisième plaque.

19. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 13 à 18, dans lequel la seconde direction est sensiblement verticale, ladite première région d'extrémité étant la région supérieure et le second fluide circulant de bas en haut.

5.

20. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications précédentes constituant un évaporateur de climatisation dans lequel le second fluide caloporteur est propre à passer de l'état liquide à l'état solide lorsqu'il reçoit du froid du premier fluide caloporteur et inversement lorsqu'il restitue le froid.

21. Échangeur de chaleur selon la revendication 20, dans lequel le second fluide caloporteur possède un point de fusion compris entre 0 et 10 °C et de préférence entre 4 et 7 °C.

22. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 20 et 21, dans lequel le second fluide caloporteur possède une enthalpie de fusion d'au moins 150 kJ/kg.

23. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications 20 à 22, dans lequel le second fluide caloporteur est choisi parmi le tétradécane, les paraffines, les sels hydratés et les mélanges eutectiques.

24. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la surface d'échange entre les premier et second fluides dans l'échangeur de chaleur est comprise entre 0,5 et 1,5 m<sup>2</sup>.

25. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la surface d'échange direct en contact avec le second fluide dans l'échangeur de chaleur est comprise entre 0,5 et 1,5 m<sup>2</sup>.

26. Échangeur de chaleur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une partie au moins des espaces prévus dans l'échangeur de chaleur pour la circulation du



second fluide en contact thermique avec le premier fluide et/ou avec un flux d'air est garnie d'une mousse fortement poreuse conductrice de la chaleur, notamment en graphite.

- 5 27. Utilisation d'un échangeur de chaleur selon l'une des revendications précédentes dans un dispositif de chauffage, ventilation et/ou climatisation, notamment de véhicule automobile, comprenant au moins une première boucle fermée (BF, BC) dans laquelle ledit échangeur de chaleur (BF5, BC2)  
10 est traversé par un flux d'air (F) et dans laquelle ledit premier fluide peut circuler de manière à céder de la chaleur ou du froid audit flux d'air dans l'échangeur de chaleur (BF5, BC2), ainsi qu'une seconde boucle fermée (BSf, BSc) dans laquelle ledit second fluide peut circuler entre ledit  
15 échangeur de chaleur (BF5, BC2) et un réservoir (BSf2, BSc2) de manière à recevoir de la chaleur ou du froid du premier fluide caloporteur dans l'échangeur de chaleur pour l'accumuler dans le réservoir (BSf2, BSc2) et la ou le restituer au flux d'air (F) dans l'échangeur de chaleur, en fonction de la  
20 puissance calorifique ou frigorifique produite par la première boucle et des besoins du traitement du flux d'air.

28. Utilisation selon la revendication 27, dans laquelle la seconde boucle contient entre 200 et 500 g du second fluide.

Fig.1

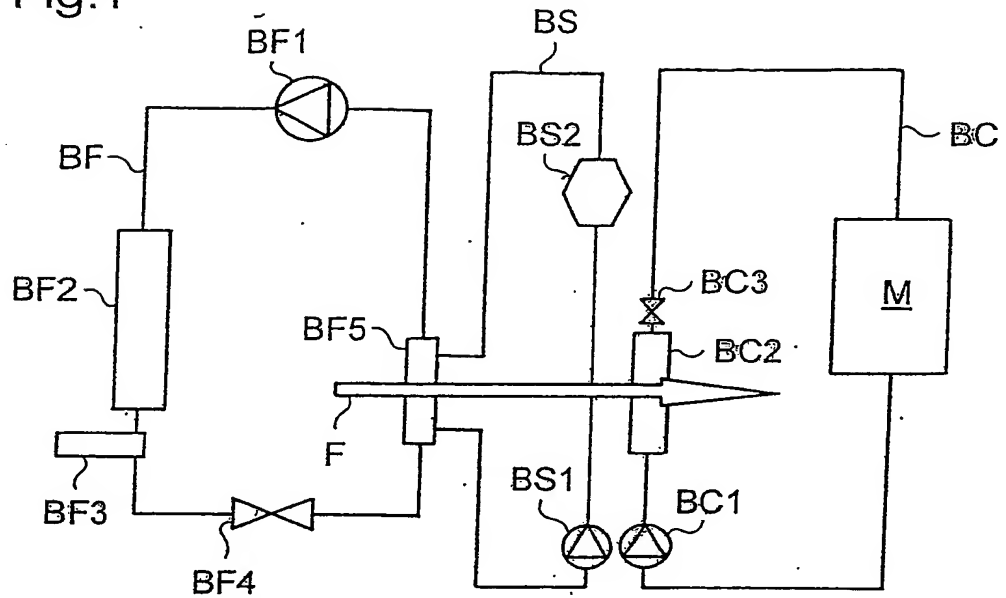
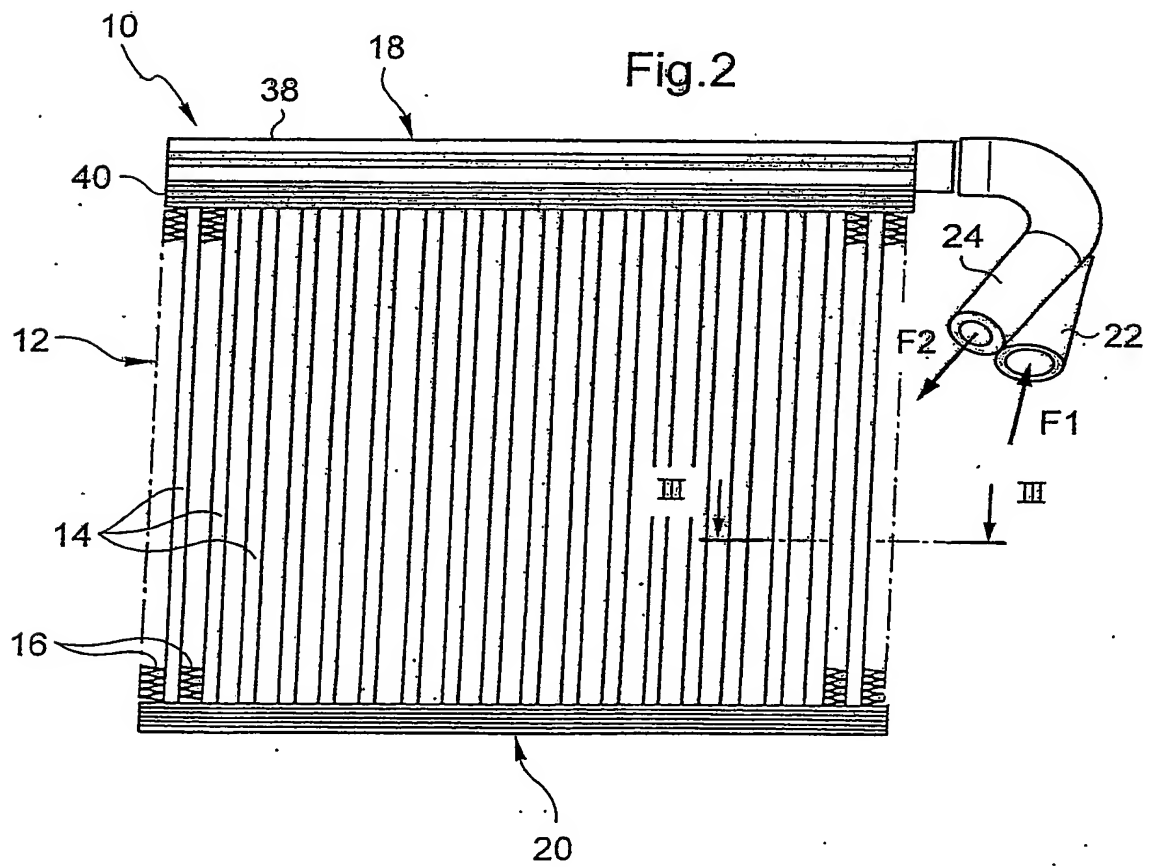


Fig.2



2/6

Fig.3

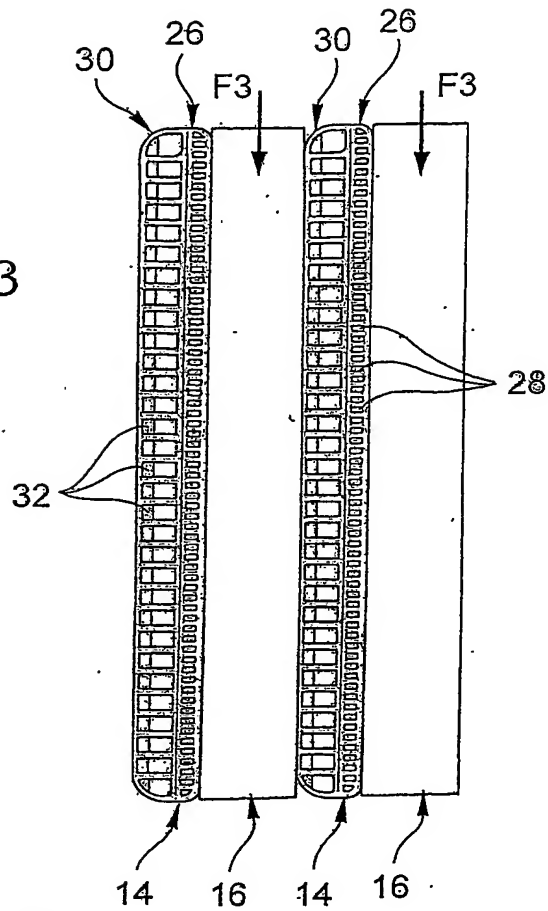


Fig.4

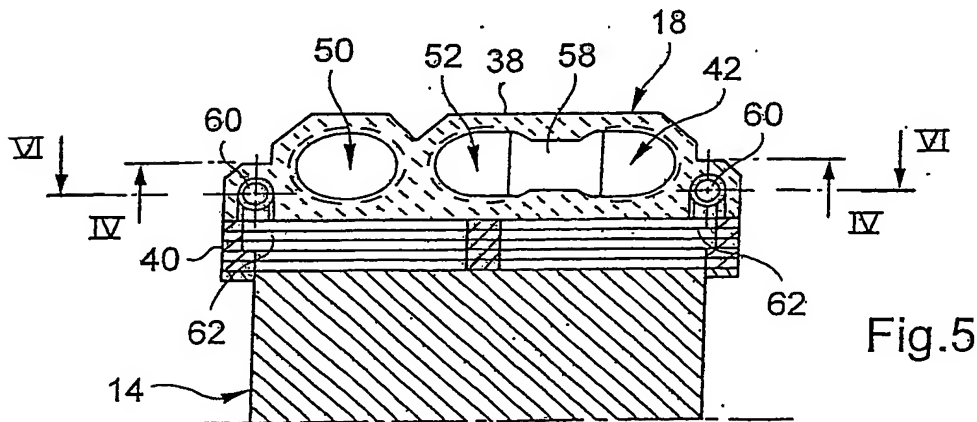
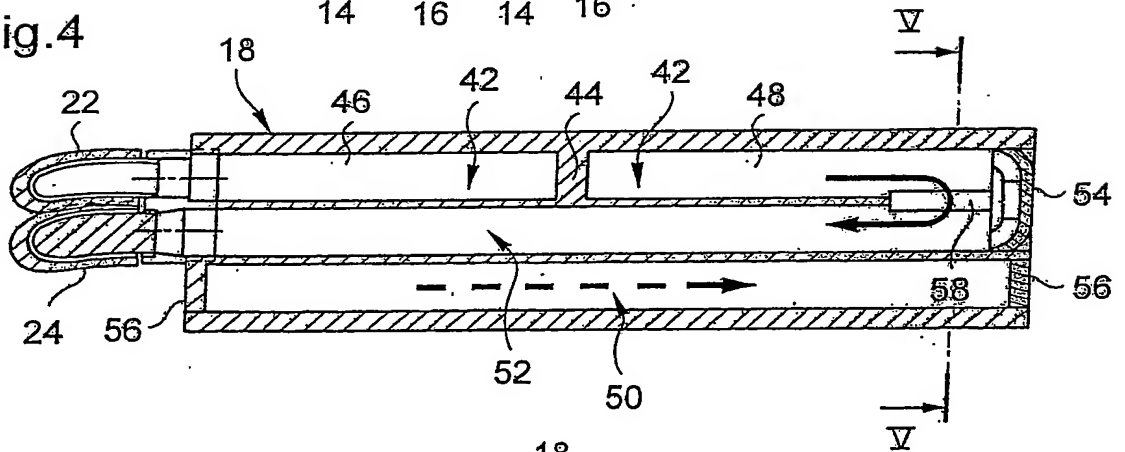


Fig.5

Fig.6

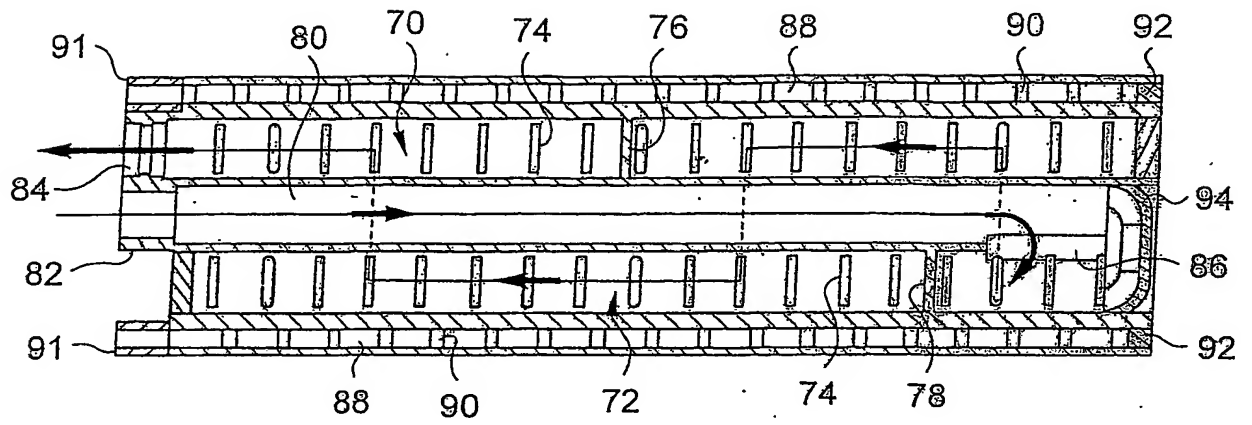
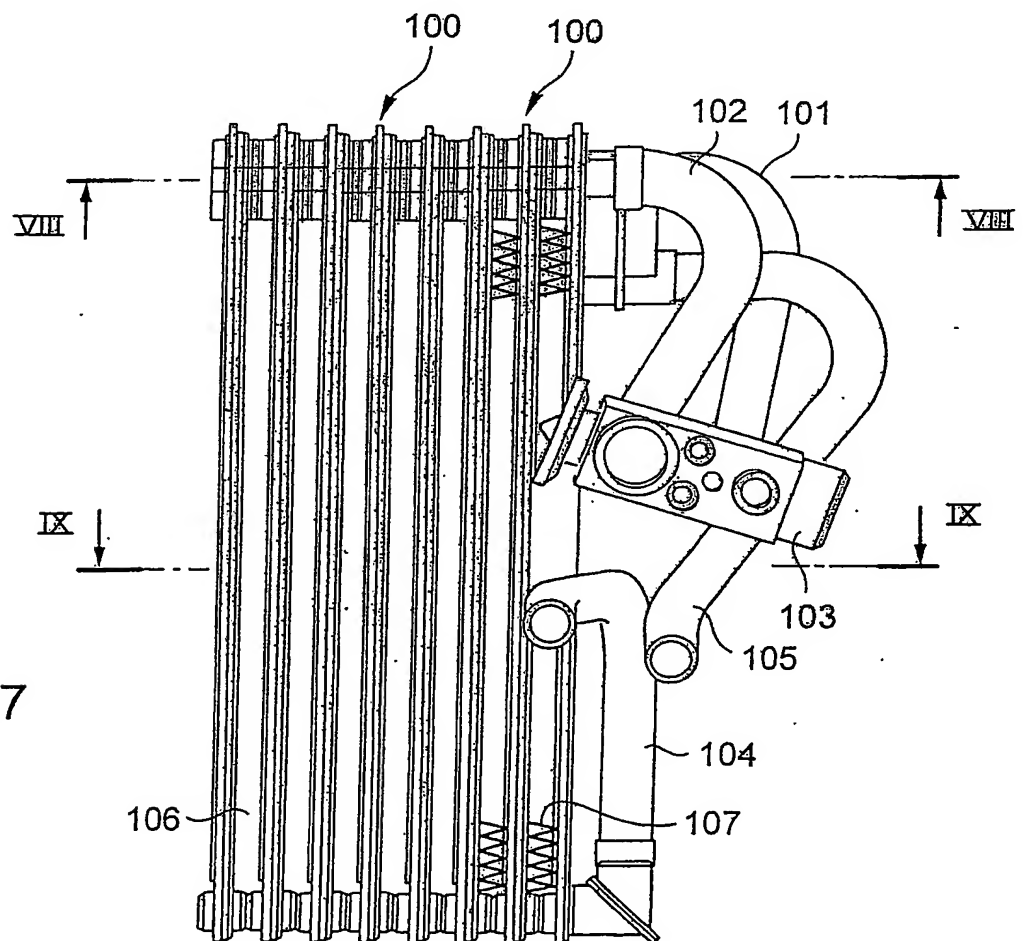


Fig.7



4/6

Fig.8

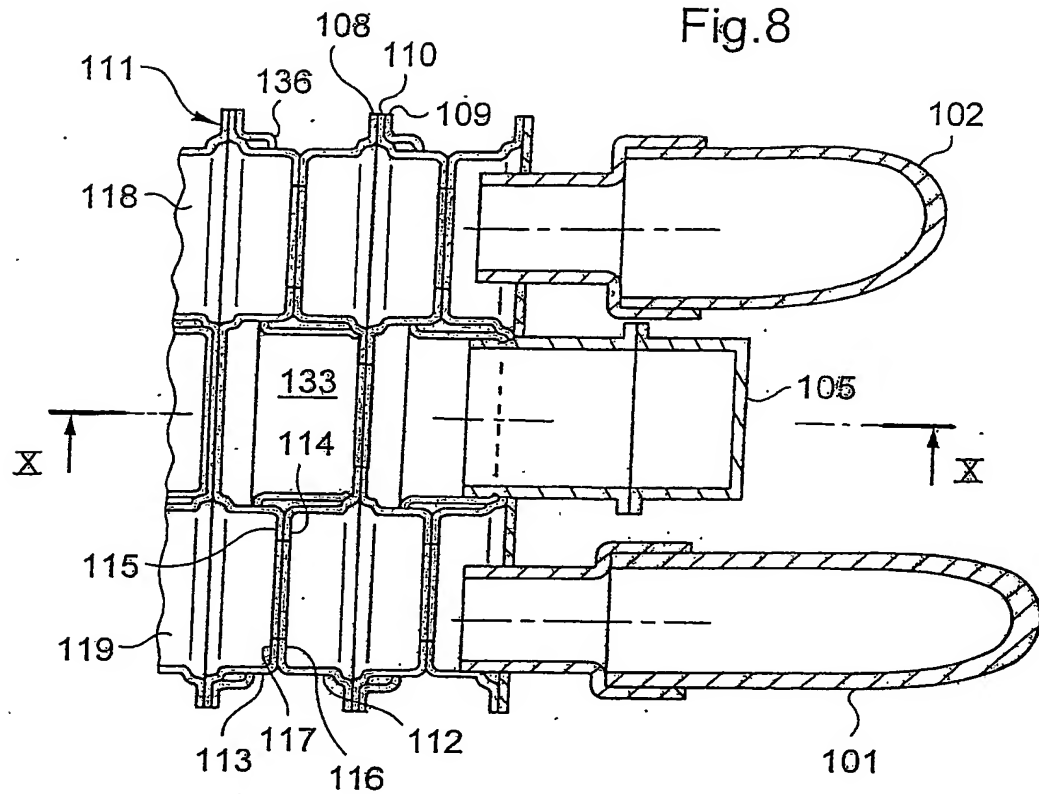


Fig.9

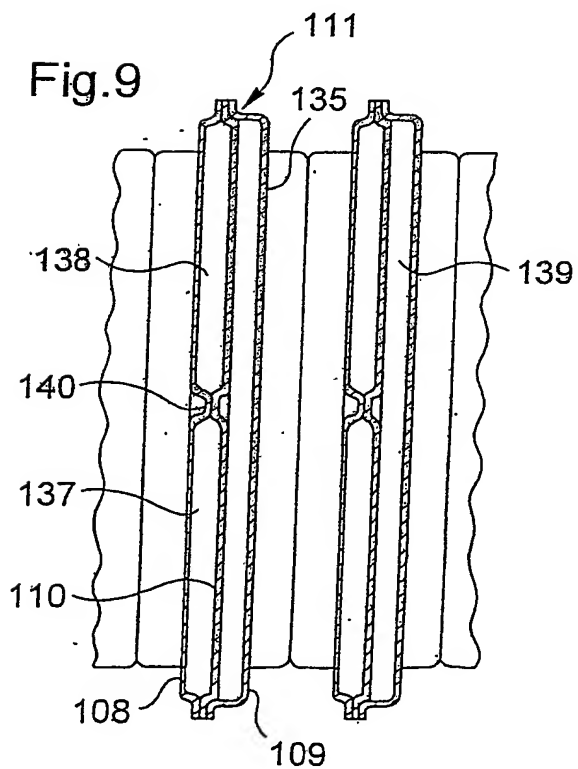
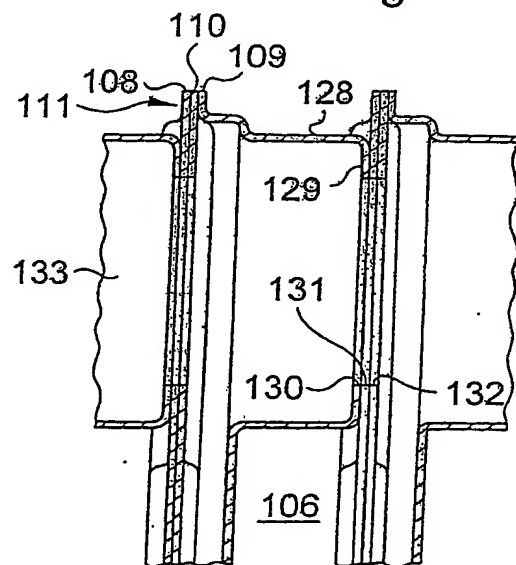


Fig.10



5/6

Fig.11

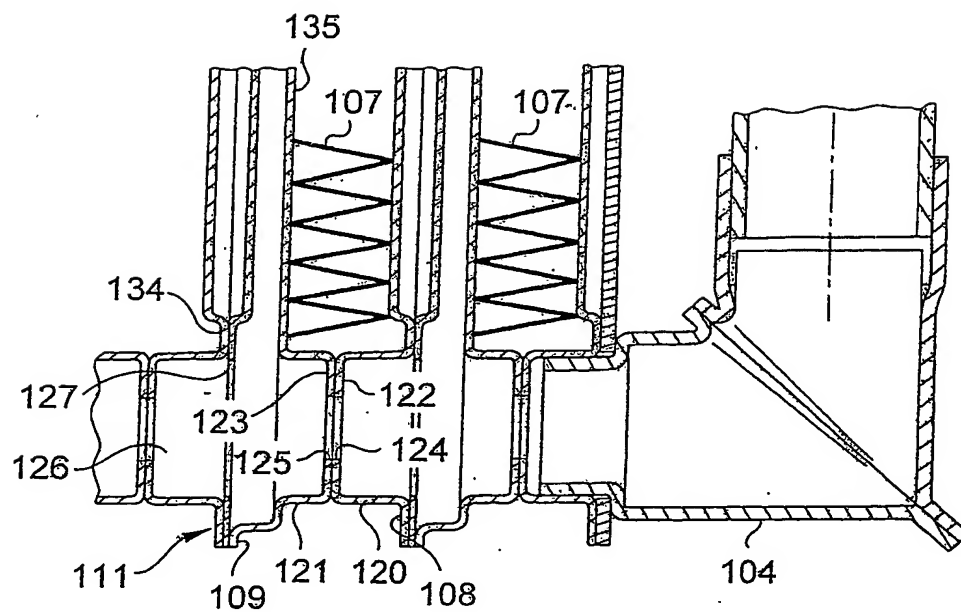
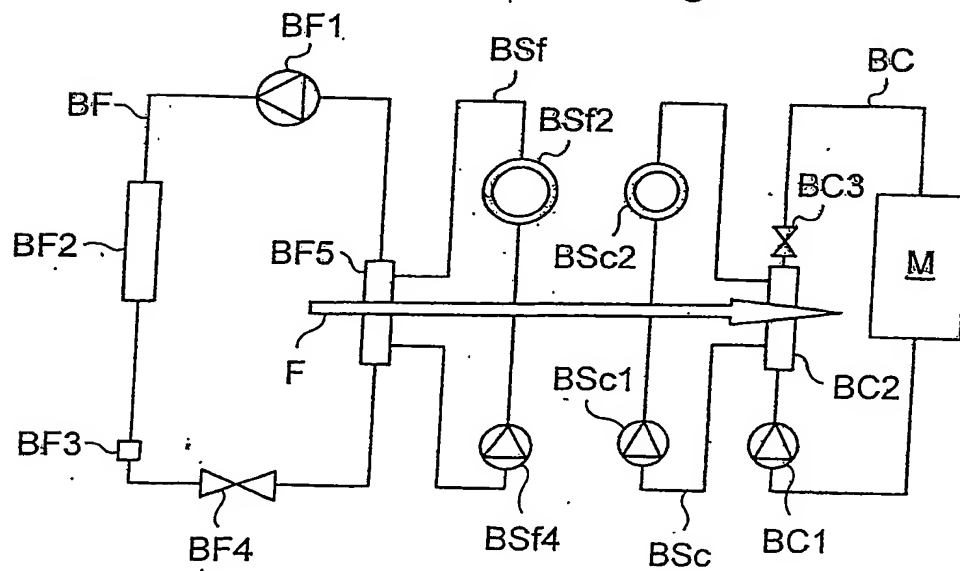


Fig.16



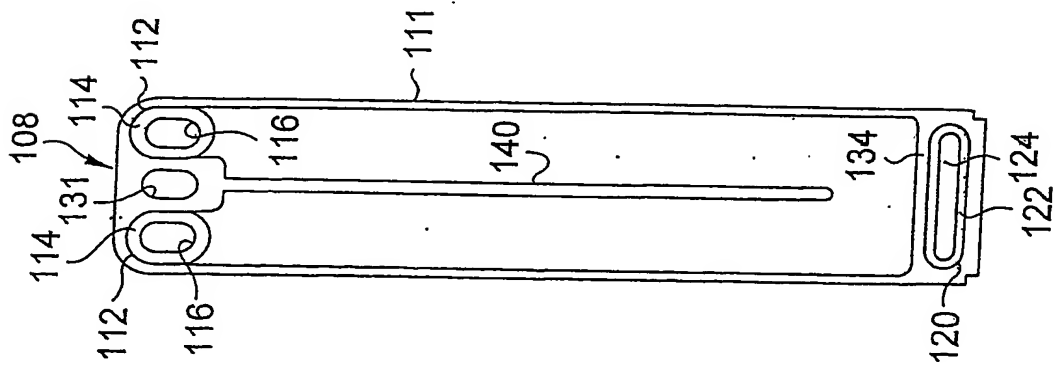


Fig. 12

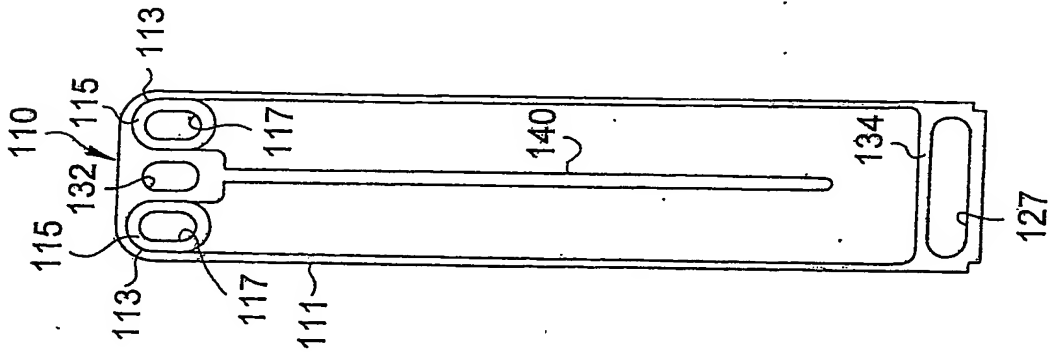


Fig. 13

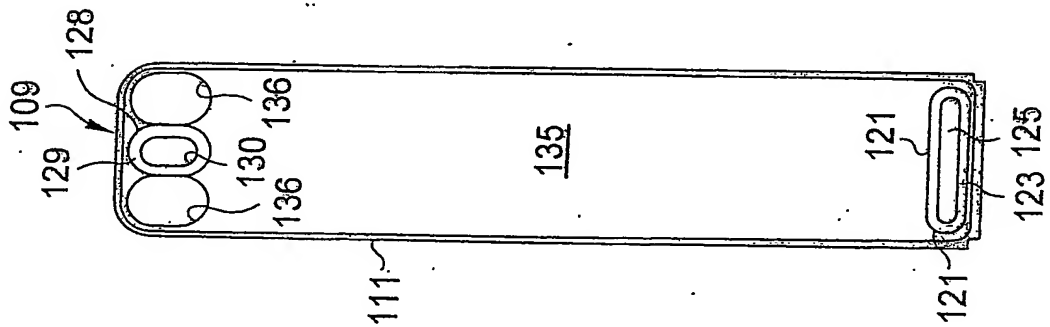


Fig. 14

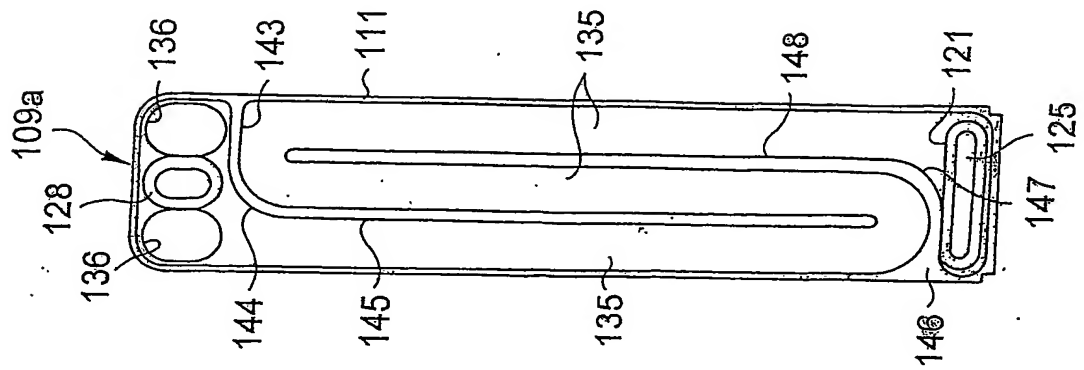


Fig. 15